

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Martin ROOS, et al.

GAU:

SERIAL NO: NEW APPLICATION

EXAMINER:

FILED: HEREWITH

FOR: APPARATUS FOR ACCELERATING CONDENSATION WITH THE AID OF STRUCTURED SURFACES

7c879 U.S. PTO  
10/028365  
12/28/01

REQUEST FOR PRIORITY

ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS  
WASHINGTON, D.C. 20231

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Provisional Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e).
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

COUNTRY

APPLICATION NUMBER

MONTH/DAY/YEAR

GERMANY

100 65 797.4

December 30, 2000

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s)
- ☐ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

Norman R. Oblon

Registration No. 24,618

Stefan U. Koschmieder

Registration No. 50,238



22850

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSMMN 10/98)



JC879 U.S. PTO  
10/028365  
12/28/01

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 100 65 797.4

**Anmeldetag:** 30. Dezember 2000

**Anmelder/Inhaber:** CREAVIS Gesellschaft für Technologie  
und Innovation mbH, Marl, Westf/DE

**Bezeichnung:** Vorrichtung zur Kondensationsbeschleunigung  
mit Hilfe strukturierter Oberflächen

**IPC:** B 01 D, C 02 F

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 23. Mai 2001  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Brand

**Vorrichtung zur Kondensationsbeschleunigung mit Hilfe strukturierter Oberflächen**

Die Erfindung betrifft Vorrichtungen zur Kondensation von Gasen. Für viele technische Prozesse ist das Kondensationsverhalten eines Dampfes/Gases eine wichtige Kenngröße. Unter  
5 Kondensation ist die Phasenumwandlung eines Elementes oder einer Verbindung von einer gasförmigen in eine flüssige Phase zu verstehen.

Dabei sind folgende Rahmenbedingungen – hier am Beispiel des Systems Wasser/Luft, d. h. der Luftfeuchtigkeit, beschrieben – nötig. In der freien atmosphärischen Luft ist ein gewisser  
10 Prozentsatz von Wasserdampf vorhanden. Dieser Wasserdampf wird als Luftfeuchtigkeit bezeichnet. Das Verhältnis von Masse des im Luftvolumen enthaltenen Wasserdampfes zum Luftvolumen wird als absolute Luftfeuchtigkeit bezeichnet. Viel wichtiger ist aber die sogenannte relative Luftfeuchtigkeit. Die relative Luftfeuchtigkeit ist als Masse des im  
Luftvolumen enthaltenen Wasserdampfes zur Masse des Wasserdampfes im Luftvolumen bei  
15 Sättigung definiert und kann durch folgende Formel beschrieben werden:

$$\varphi = \frac{P_D}{P_s} = \frac{f}{f_{\max}}$$

20 Mit  $\varphi$  = relative Feuchte;  $P_D$  = Luftdruck;  $P_s$  = Sättigungsdampfdruck;  $f$  = absolute Feuchte;  $f_{\max}$  = maximale Feuchte.

Eine relative Luftfeuchtigkeit von 100 % bedeutet somit, dass der Wasserdampfpartialdruck gleich dem Sättigungsdampfdruck des Wassers bei gegebener Temperatur und Druck ist. Aus  
25 der Thermodynamik ist bekannt, dass zwei Phase im Gleichgewicht nebeneinander bestehen können, wenn ihre chemischen Potentiale gleich sind. So können Flüssig-Phase und Dampf-Phase nur bei einem bestimmten, von der Temperatur abhängigen Druck, nebeneinander bestehen.

Kondensationsprozesse finden bei vielen technischen Prozessen wie z. B. Destillationen, Reaktivdestillationen, Kühlwasserkreisläufe in Kraftwerksturbinen, Aufarbeitung von wässrigen oder organischen Lösungen durch Abziehen des Lösungsmittels Verwendung und spielen daher eine große technische Rolle.

5

Die Energiebilanz ist hier ein wichtiges wirtschaftliches Kriterium, d. h. je weniger Energie zur Kondensation einer Flüssigkeit benötigt wird, desto ökonomischer der Kondensationsprozess. Dieser Prozess kann am Beispiel der Kondensation von Wasserdampf aus Luft wie folgt beschrieben werden:

10

Eine Oberfläche (Kondensator) wird gegenüber der umgebenden Gasphase gekühlt. In der unmittelbaren Nähe der Oberfläche kommt es zu einer Abkühlung des Gases und des Wasserdampfes. Hierbei kann bei konstant gehaltenem Druck der vorhandene Druck des Wasserdampfpartialdruckes, den zu der tieferen Temperatur gehörenden Sättigungsdampfdruck, überschreiten. In diesem Fall tritt eine Kondensation ein, die zu einem Niederschlag von Wasser auf der Oberfläche führt. Der auf der Oberfläche vorhandene Tropfen führt nun Wärme auf die Oberfläche ab und kühlt so ab. Dieser Übergang von Wärme muss bei vielen Kondensationsapparaturen kompensiert werden. Es ist also nötig, die Kondensationsfläche ständig neu zu kühlen. Die Kühlung dieser Flächen ist ein sehr energieintensiver Prozess. Je länger und je mehr Kondensat auf der Oberfläche verweilt, desto mehr Energie gibt das Kondensat an die Oberfläche ab. Wünschenswert ist es also, den Wassertropfen mit möglichst hoher Temperatur möglichst schnell von der Oberfläche wegzuführen.

20

25 Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es daher, den Kondensationsprozeß, d. h. die Kondensation eines Dampfs bis zum Sammeln der so erzeugten Flüssigkeit ökonomischer zu gestalten.

Überraschend wurde gefunden, dass dies mit Hilfe einer strukturierten Oberfläche möglich ist.

30

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist daher eine Vorrichtung zur Kondensation eines Gases auf einer Oberfläche, wobei die Oberfläche zur Kondensation des Gases Erhebungen einer mittleren Höhe von 50 nm bis 1 mm und einem mittleren Abstand von 50 nm bis 1 mm aufweist.

- 5 Die Erhebungen können regelmässig oder stochastisch angeordnet sein. Weiterhin können die Erhebungen eine mittlere Höhe von 500 nm bis 50 µm aufweisen.

Die Oberflächenenergie kann zwischen 5 und 20 mN/m, bevorzugt 10-20 mN/m betragen. Höhere Oberflächenenergien wie 20-40 mN/m sind ebenfalls möglich, aber in der Regel, d. h.  
10 z. B. zur Kondensation von Wasser nicht notwendig.

Strukturierte Oberflächen sind unter dem Namen Lotus-Oberflächen bekannt und z. B. in DE 198 03 787 oder WO 96/104 123 beschrieben. Hier wird die selbstreinigende Wirkung der strukturierten Oberflächen beschrieben.

15

Oberflächen der erfindungsgemäßen Vorrichtung, an denen die Kondensation des Dampfes stattfindet, weisen einen sehr geringen Abrollwinkel für Flüssigkeiten, d. h. hier für das Kondensat auf. Sobald ein kondensierter Tropfen einmal in Bewegung ist, rollt er selbständig von der Oberfläche ab und sammelt weitere Tropfen ein; dies gilt auch schon für sehr kleine  
20 Tropfen. Hierbei ist eine Tröpfengröße von weniger als 0,5 µl ausreichend. Die Tropfen haften also weniger gut an den Oberflächen und rollen somit schneller von der Oberfläche. Dieses Phänomen bringt thermodynamisch-technisch viele Vorteile. Durch die kürzere Verweildauer des Kondensats auf der Oberfläche kann die Flüssigkeit weniger Wärme an die Oberfläche abgeben, da dieser Prozess proportional zur Temperaturdifferenz und zur Zeit ist. Durch den  
25 schnelleren Abtransport des Kondensats von der Oberfläche wird nicht nur weniger Energie übertragen, vielmehr werden auch schneller die sogenannten Kondensationskeime wieder zur Verfügung gestellt.

Die sogenannten Kondensationskeime sind die Entstehungsorte der flüssigen Phase. Die  
30 Kondensation innerhalb des Dampfes muss damit anfangen, dass sich zunächst kleine Tropfchen bilden. Der Dampfdruck eines Tröpfchens ist also umso grösser, je kleiner das

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Erhebungen stochastisch angeordnet sind.

5 8. Verwendung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7 in Kühlagregaten oder  
Destillationsanlagen.

9. Verwendung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7 zur Destillation oder  
Kondensation von Wasser, Alkohol, Kraftstoff oder Flüssiggasen. *li*

**Zusammenfassung:**

Vorrichtung zur Kondensation eines Gases auf einer Oberfläche, wobei die Oberfläche zur Kondensation des Gases Erhebungen einer mittleren Höhe von 50 nm bis 1 mm und einem  
5 mittleren Abstand von 50 nm bis 1 mm aufweist.

Verwendung der Vorrichtung in Destillationsanlagen. (6)

Tröpfchen ist, so dass bei einer gegebenen Übersättigung nur solche Tröpfchen wachsen können, deren Radius einen bestimmten Wert nicht überschreitet. Alle Tröpfchen mit einem kleineren Radius haben die Tendenz, wieder zu verdampfen. Eine Kondensation des übersättigten Dampfes kann nur erfolgen, wenn zunächst durch eine mit einer

5 Entropieabnahme verbundene Schwankungserscheinung, ein Keim entstanden ist. Die Häufigkeit dieser Keimbildung ist entscheidend dafür, ob bei gegebener Übersättigung eine Phasenumwandlung von gasförmig zu flüssig zu erwarten ist. Dabei ergibt sich, dass die Häufigkeit in sehr empfindlicher Weise von der Übersättigung des Dampfes/Gases abhängt. In einem relativ engen Bereich der Übersättigung wird die Skala von fast keiner bis sehr häufigen

10 Kondensationen durchlaufen. Ob eine Übersättigung des Dampfes vorliegt oder nicht, hängt stark von den mikroskopischen Umgebungsparametern des Dampfes ab.

Die Kondensationsfläche der vorliegenden Erfindung weist daher bevorzugt einen oder mehrere der folgenden Merkmale auf:

15

- Neigungswinkel von mindestens  $3^\circ$ , insbesondere mindestens  $10^\circ$ , bevorzugt mindestens  $30^\circ$ , besonders bevorzugt mindestens  $45^\circ$
- Oberflächenenergie von 5-20 mN/m, bestimmt an einer Oberfläche ohne Erhebungen. (Bestimmt nach Owens et al., J. Appl. Polym. Sci 13, 1741, 1969)
- 20 • Material: Polytetrafluorethylen, Polyvinylidenfluorid oder Polymeren aus Perfluoralkoxyverbindungen und/oder Metallen, als einziger Bestandteil, Hauptbestandteil oder als Beschichtung
- Beschichtung aus Fluoralkanen, Alkylfluorsilanen oder fluorierten Vinylverbindungen.

25 Die erfindungsgemäßen Vorrichtungen können in Kühlanlagen, Destillationsanlagen, Reaktoren, Rückflußkühlern oder Kraftwerkskühlern sowie Klimaanlage, Raumentfeuchter oder Kühlfallen verwendet werden.

Als Verwendungszweck sind insbesondere Kühl-, Destillations- oder Kondensationsanlagen für

30 alle Elemente und Verbindungen, die einen Phasenübergang von gasförmig nach flüssig



besitzen, insbesondere für Wasser, Ethanol, Methanol, MTBE, Kohlenwasserstoffe, Kraftstoffe, Brenngase, Flüssiggase wie  $N_2$  oder Luft zu nennen. 6.

**Patentansprüche:**

1. Vorrichtung zur Kondensation eines Gases auf einer Oberfläche,

dadurch gekennzeichnet,

5 dass die Oberfläche zur Kondensation des Gases Erhebungen einer mittleren Höhe von 50 nm bis 1 mm und einem mittleren Abstand von 50 nm bis 1 mm aufweist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

10 dass die Oberfläche einen Neigungswinkel von mindestens 3° aufweist.

3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 2,

dadurch gekennzeichnet,

15 dass die Oberfläche ohne Erhebungen eine Oberflächenenergie von 5 bis 20 mN/m aufweist.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

dadurch gekennzeichnet,

20 dass die Kondensationsfläche mit Polytetrafluorethylen, Polyvinylidenfluorid oder Polymeren aus Perfluoralkoxyverbindungen beschichtet ist oder aus diesen Materialien besteht.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

dadurch gekennzeichnet,

25 dass die Kondensationsfläche aus Metall besteht.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

dadurch gekennzeichnet,

30 dass die Kondensationsfläche eine Beschichtung aus Fluoralkanen, Alkylfluorsilanen oder fluorierten Vinylverbindungen aufweist.